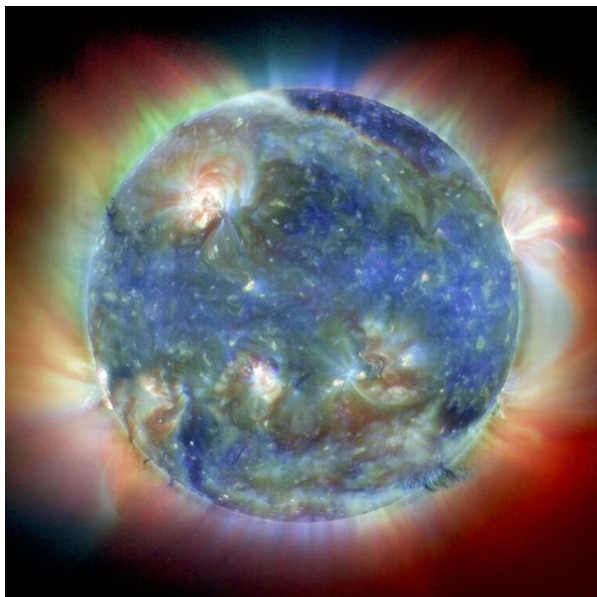


Odślonięcie problemu ogrzewania korony słonecznej

Krzysztof Murawski, Dariusz Wójcik
Instytut Fizyki, UMCS

Od dawna wiadome jest, że temperatura plazmy w koronie – najbardziej zewnętrznej warstwie atmosfery Słońca – wynosi aż 2-3 miliony Kelwinów. Tymczasem leżąca 2000 km poniżej fotosfera jest zimna – jej temperatura wynosi zaledwie 5800 K. Sugerowałoby to, że energia powinna być transportowana z zimnej fotosfery do gorącej korony, ale mechanizm tego procesu pozostawał dotychczas nieznan.

Gorąca korona słoneczna jest sprzeczna z naszą intuicją, która podpowiada nam, że temperatura zmniejsza się wraz z odległością od źródła ciepła. Atmosfera Słońca zachowuje się jednak inaczej – temperatura wprawdzie spada wraz z odległością od jego gorącego (15 milionów Kelwinów) jądra aż do wysokości 100 km powyżej fotosfery, osiągając tam jedynie 4300 K. Wyżej temperatura zaczyna jednak niespodziewanie rosnać; początkowo wzrost jest powolny w chromosferze, ale już u jej szczytu, w tzw. obszarze przejściowym, temperatura wzrasta gwałtownie aż do temperatur milionowych.



Rys. 1 Gorąca korona słoneczna obserwowana w promieniach ultrafioletowych. Paleta kolorów jest sztucznie dobrana. Źródło: misja Solar Dynamics Orbiter (SDO), NASA

Problem z wyjaśnieniem anomalii temperaturowej w atmosferze Słońca polegał na tym, że plazma zanurzona jest w

skomplikowanym polu magnetycznym. Przez okres kilkudziesięciu lat wiele ośrodków naukowych próbowało rozwikłać ten problem, dostarczając często wyszukanych scenariuszy opisujących proces ogrzewania korony słonecznej. Wśród nich wyróżnić można dwie zasadnicze grupy. Pierwsza z nich polegała na możliwości przełączania (zmianie topologii) linii pola magnetycznego na skutek dyssypacji prądu w zjonizowanej plazmie i w rezultacie tego na zamianie zmagazynowanej w polu magnetycznym energii na energię cieplną. Okazuje się, że zjawisko to jest nam doskonale znane z życia codziennego, bowiem prąd elektryczny ogrzewa przewód, przez który płynie. Scenariusz drugiej grupy wykorzystuje oscylacje pola magnetycznego i plazmy, w czasie których generowane są fale przekazujące swoją energię plazmie.

Międzynarodowy zespół składający się z naukowców z pięciu krajów i kierowany przez profesora Gerry Doyle z Obserwatorium i Planetarium z Armagh w Irlandii Północnej opublikował raport o odkryciu z wykorzystaniem danych obserwacyjnych otrzymanych przez tzw. Szwedzki Teleskop znajdujący się w La Palma na Wyspach Kanaryjskich. Raport ten dotyczył powszechnie występujących krótkookresowych (o okresie około 50 s) fal Alfvéna w cienkich (o średnicy około 150 km) rurach magnetycznych (o indukcji pola wynoszącej około 3000 Gaussów – dla porównania ziemskie pole magnetyczne wynosi mniej niż 0.5 Gaussa). Rur tych jest niezliczona ilość w tzw. obszarach spokojnych Słońca. Fale Alfvéna można natomiast porównać do oscylacji strun od gitary – rolę linii magnetycznych pełnią wtedy struny.

Grupa z UMCS wykonała zaawansowane symulacje numeryczne wykazując, że fale Alfvéna posiadają potencjał do ogrzewania korony i do generowania wiatru słonecznego. Wiatr ten jest strumieniem niezwykle szybkich (o prędkościach ponaddzwiękowych wynoszących 300 km/s) protonów i jąder helu. Raport ten został ostatnio opublikowany w prestiżowym czasopiśmie Nature (www.nature.com/articles/srep43147). Inni członkowie zespołu to: dr J. Shetye z Obserwatorium i Planetarium Armagh, dr E. Scullion z Uniwersytetu Northumbria w Wlk Brytanii, dr A. K. Srivastava heliofizyk i kierownik projektu z Indii, prof. Bholu N. Dwivedi z Indii, **prof. K. Murawski i mgr Dariusz Wójcik z UMCS**, dr Marco Stangalini z Rzymu i prof. Tom Ray z Dublina.

Prof. Krzysztof Murawski dodaje, że “Nasze odkrycie dostarcza rewolucyjnego rozwiązania znanej od dawna zagadki ogrzewania korony słonecznej i wprowadza przełom w zrozumieniu procesów

generacji energii i jej transportu z zimnych do gorących obszarów atmosfery Słońca. Fale Alfvéna partycypują również w wielu innych zjawiskach. Wśród nich wymienić można procesy syntezy jądrowych i relatywistyczne dżety wyrzucane z czarnych dziur. Odkrycie to sugeruje konieczność wykonania dodatkowych badań, w tym zaawansowanych symulacji numerycznych. Grupa heliofizyków z Instytutu Fizyki UMCS, pomimo niezwykle bardzo skromnego składu osobowego (prof. K. Murawski i doktorant - mgr D. Wójcik), wydaje się być w tym względzie najbardziej kompetentną do wykonania takich symulacji numerycznych.,,